

히트펌프를 이용한 농산물 건조기 유동 수치해석

박상준*, 이영림*

*공주대학교 기계자동차공학부
e-mail:ylee@kongju.ac.kr

Numerical Analysis of Flows for Agricultural Dryer with Heat Pump

Sang Jun Park, Young Lim Lee*

*Division of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University

요 약

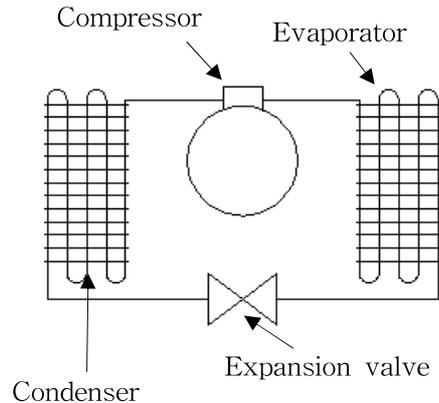
히트펌프 사이클을 이용한 건조 공정은 최종 제품의 생산을 위하여 많은 산업 분야에 요구되는 필수 공정으로 본 논문에서는 대형 히트펌프 건조기의 상부 분리대의 가이드 베인의 형상 및 수량을 최적화 하였다. 이를 위해 팬은 성능곡선 모델을 사용하였고, 증발기와 응축기는 다공성 매질로 가정하였다. 이는 팬을 통과하여 가이드 베인을 따라 건조기 입구로 들어가는 바람의 균일도를 예측할 수 있어 설계 정확도 향상에 기여할 수 있다.

1. 서론

히트펌프 건조기는 건조물보다 건조기 내부의 습도를 낮게 유지하여 건조물로부터 습도를 유도하는 방식이다. 이러한 낮은 습도를 지속적으로 얻기 위해서는 건조기 내부의 응축과 증발의 과정이 반복적으로 이루어져야 한다. 부가적으로 습증기를 빠른 시간에 건조기를 만들기 위해 건조기 내부에 외부와 내부의 공기를 서로 교환할 수 있는 통로를 만드는 등 많은 노력도 이루어지고 있다. 특히 태양열 지원의 히트펌프를 사용할 경우 성적계수가 높아져 혹한기에 보조열원으로 사용하면 효과적이다[1].

건조를 위해 많은 열에너지를 필요로 하는데 열풍 건조기보다 효율이 높은 히트펌프 건조기가 널리 사용되고 있다. 그림 1은 표준 냉동 사이클로 히트펌프 건조기의 사이클 개략도를 보여준다. 히트펌프 사이클의 성능을 높이기 위해 다단 압축, 2중냉매 2원냉동 사이클등이 이용되고 있다.

Bivens 등[2]은 내부 열교환기 적용 유무에 따른 냉동시스템의 성능향상을 실험 하였으며 적용시 6~7% 정도 향상됨을 증명하였다. Sarkar 등[3]은 여러 냉매에 대하여 최적의 압축기 압축기 토출압력과 성능의 관계를 시뮬레이션을 통한 고찰을 하였다.



[그림 1] 표준 냉동 사이클 개략도

본 논문에서는 대형 히트펌프 건조기의 상부 분리대의 길이와 가이드 베인의 수량을 최적화 하였다. 이를 위해 팬은 성능곡선 모델을 사용하였고, 증발기와 증발기는 다공성 매질로 가정하였다.

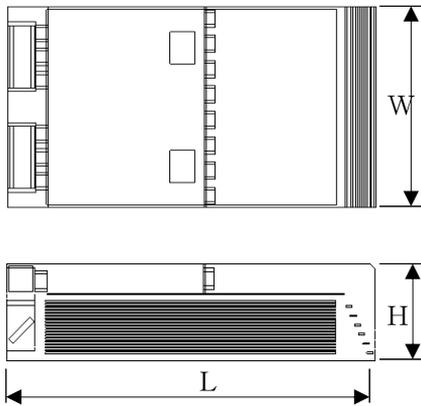
2. 수치해석

그림2는 수치해석에 사용된 대형 히트펌프 건조기의 모델을 나타냈다. 건조기의 주요 제원은 L 11.9 m x W 7.5 m x H 3 m로 기계실쪽에는 3HP 팬을 좌우 3개씩 위치하였고, 건조기 상단 가운데 부분에 5HP 팬을 4개씩 위치하여 내부 공기 순환을 시켰

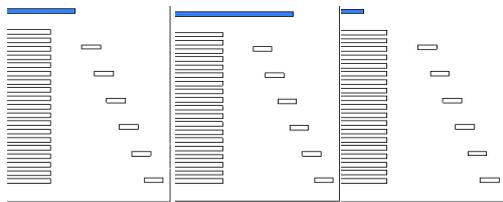
다. 그림3은 상부대의 길이 변화를 나타었는데 model 1의 경우 상부분리대의 끝을 가이드 베인의 끝에 위치하였고, model 2와 3은 1m 전후로 상부 분리대를 위치시켰다. 그림 4는 가이드 베인의 개수 변경에 따른 모델을 나타냈다. model 1의 경우 가이드 베인의 개수가 5개, model 4의 경우 10개, model 5의 경우 3개로 베인의 수량에 따른 전면평균풍속을 예측하였다. 표 1은 부품별 손실계수를 나타내며 응축기와 증발기를 단순화 시켰으며 다공성(porous)기법을 이용하였다.

[표 1] 부품별 손실 계수

Part	Loss Coefficient
Dried products	25
Condenser	8.11
Evaporator	14.65

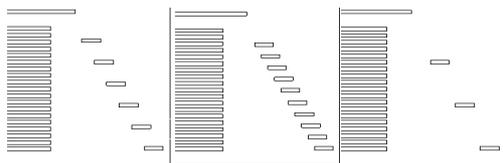


[그림 2] 대형 건조기 주요 제원



(a) model 1 (b) model 2 (c) model 3

[그림 3] 상부 분리대 길이에 따른 model



(a) model 1 (b) model 4 (c) model 5

[그림 4] 베인 개수 변경에 따른 model

건조기 해석에 사용된 격자수는 약 20만개를 사용하였고 3차원 형상 설계에는 Catia[4], 격자생성과 CFD해석에는 상용프로그램인 Ansys 12[5]를 사용하였다.

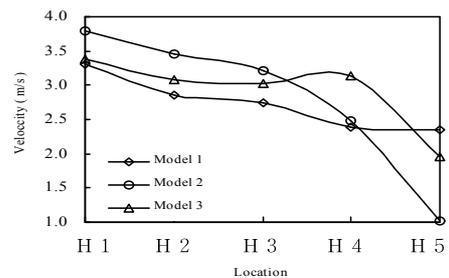
3. 결과 및 고찰

3.1 상부 분리대의 길이 변화에 따른 전면 풍속분포 수치해석

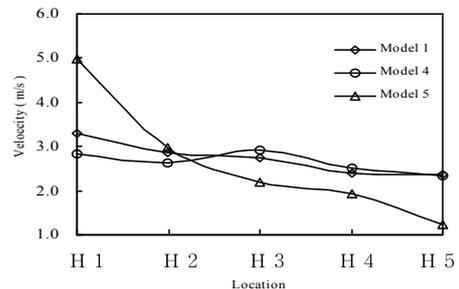
공기유동이 상부 분리대에서 가이드 베인을 따라 건조실로 들어올 때 상부 분리대의 길이가 전면풍속 분포에 미치는 영향을 알아보았다. 그림 5는 건조기 전면부를 5개의 구간으로 나누었을 각 구간에 대한 평균풍속분포를 보여준다. model 1,2 및 3의 최대풍속과 최소 풍속의 차는 각각 29%, 73%, 43%이며 model 1이 가장 편차가 적고 반대로 model 2가 가장 편차가 심했다.

3.2 가이드 베인의 개수에 따른 전면풍속 수치해석

그림 6는 세 가지 베인모델에 대하여 위치에 따른 통과풍속 변화를 보여준다. model 1,4 및 5의 최대 풍속과 최소 풍속의 차는 29%, 20%, 75%이므로 model 4의 편차가 가장적이고 model 5의 편차가 가장 심하였다. 베인의 개수가 많을수록 수직방향으로의 통과풍속 분포가 균일하다는 것을 의미한다.



[그림 5] model별 위치에 따른 통과풍속



[그림 6] model별 가이드 베인 개수에 따른 통과 풍속

4. 결론

본 연구는 대형 히트펌프 건조기 유동해석을 통하여 상부 분리대의 길이와 가이드 베인의 개수를 최적화 하였다. 본 연구를 통한 결론은 다음과 같다.

1) 상부 분리대의 길이를 조절하여 건조실 전면부의 풍속분포를 최적화하는 경우 상부 분리대의 끝면과 첫 번째 베인에 위치하였을 때 건조실로 유입되는 풍속분포가 가장 균일하였다.

2) 베인의 개수를 조절하여 풍속분포를 최적화하는 경우 베인의 개수가 많을수록 균일하였다. 하지만 베인 개수 6개 이상인 경우 풍속 균일도가 더 이상 획기적으로 개선되지는 않았다.

참고문헌

- [1] Bannister, P., Carrington, G. and Chen, G., 2002, "Heat Pump Dehumidifier Drying Technology-Status, Potential and Prospects," Proc. of 7th IEA Heat Pump Conference, Vol. 1, pp. 219~230.
- [2] Bivens D.B., Allgood C.C., Shiflett M.B., Patron D.B., Shely G.S., Yokozeki A., Wells W.D. and Geiger K.A., 1994, HCFC-22 alternative for air conditioners and heat pumps, ASHRAE Transactions, Vol. 100, No.2, pp. 566-572
- [3] Sarkar J., Bhattacharyya S. and Gopal M., 2004, "atural Refrigerant-based Subcritical and Transcritical Cycles for High Temperature Heating," Int. Journal of Refrigeration, Vol. 30(1), pp. 3~10.
- [4] Catia, V5R17, Dassault Systems, 2006
- [5] Ansys Fluent version 12.1 Ansys Inc., NH 2009.